

パーソナルコンピューターを利用した土壌診断システムの開発

誌名	岩手県園芸試験場研究報告
ISSN	03884449
著者	武藤, 和夫
巻/号	6号
掲載ページ	p. 59-65
発行年月	1985年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



速 報

パーソナルコンピューターを利用した 土壌診断システムの開発

武藤和夫

Development of Computerized System for Soil Diagnosis

Kazuo MUTO

I 緒 言

岩手県における土壌診断の実施件数は年々増加の傾向にあり、農業改良普及所の土壌診断室だけでみても、昭和58年度の土壌診断件数は約一万一千件に上っている。また他に、岩手県経済農業協同組合連合会の土壌診断センターや、最近では農業協同組合においても土壌分析機器を備えて対処している所が増えて来ている現状にある。

一方、施設栽培の増加などに伴って、土壌養分の富化傾向が顕著になってきており^{5, 8, 13)}、これらの土壌の養分状態に対しては、従来の診断基準では対処できなくなって来ている。そのため診断基準の見直しが行われつつあり^{4, 11)}、これまでに高カリ含量野菜畑におけるカリの施肥量などについて検討が行われた^{6, 8)}。しかし、施設栽培における窒素の施肥量なども含めて、多くの課題が残されている。

このような状況の中で、現場においては土壌診断をより一層スムーズに進めることが必要であり、それは土壌分析の結果をコンピューター処理することによって可能であると思われる。土壌診断においてコンピューターを利用する試みはすでに行われているが¹⁰⁾、著者は土壌改良に主眼をおいた土壌診断システムの開発を行ったので、その概要を報告する。

本報告の一部は、昭和59年度 第27回東北農業試験研究発表会（宮城県）において発表した。

II 使用機器の構成およびプログラム言語

1 使用機器の構成

1) 本体：NEC PC-9801（漢字仕様）、2) フロッピー・ディスク：PC-9881（8インチ）、3) ディスプレイ：高解像度カラーCRT、4) プリンター：PC-PR201（136桁、漢字仕様）

2 プログラム言語

N88-日本語BASIC（86）

III システムの機能

本システムは、全て対話型となっており、概ねディスプレイの指示に従うだけで、操作可能である。システムの機能は以下のとおりである。

1 中和石灰量の算出

土壌pH、土性、腐植、および仮比重などのデータを入力して、石灰質資材（5種類）の投入量をアレニウス表よりもとめる。なお、目標pHは6.2または6.5である。

2 燐酸改良資材量の算出

燐酸の改良目標値にたいして、土壌中の有効燐酸、燐酸吸収係数、および仮比重などのデータを入力して、燐酸質資材（10種類）の投入量を求める。なお、改良方法は単肥による方法、または過石：ようりんの1：4の混合の方法が選択できる。

3 総合診断

土壌の改良目標を塩基飽和度によって設定し、土壌の pH、EC、塩基置換容量 (CEC)、置換性塩基 (石灰、苦土、および加里)、有効リン酸、リン酸吸収係数、および仮比重などのデータを入力して、次の診断を行う。

1) 塩類集積が硝酸態窒素 (NO₃-N) によるものか、他の塩類によるものかを判断して、硝酸態窒素の集積が考えられる場合には、残存窒素量を推定する。また、他の塩類によると考えられる場合には、石灰質資材等の

施用を中止とするコメントを表示する。

2) 土壌の塩基飽和度を計算し、改良目標値と比べてその過不足を判断して、不足の場合には改良資材の投入量を表示する。過剰の場合には、コメントを表示する。また、同時にリン酸についてもその過不足を判断して、不足の場合にはリン酸質資材の投入量を算出し、過剰の場合にはコメントを表示する。総合診断のプリントアウトの例を図1に示した。

***** 総合診断 (データ No. 1) *****											
----- 土 壌 の 改 良 目 標 -----											
pH	塩基飽和度 (%)	石灰 (%)	苦土 (%)	加里 (%)	有効リン酸 (mg)						
7.0	100	70	20	10	50						
----- 土 壌 の 分 析 結 果 -----											
土壌タイプ	仮比重	作土深 (cm)	圃場面積 (a)								
火山灰	1.0	10	10								
pH	EC (mS/cm)	CEC (me)	CaO (mg)	MgO (mg)	K ₂ O (mg)	トルオグリン酸 (mg)	リン酸吸収係数				
5.5	0.60	30.0	500	100	150	70.0	1500				
----- 塩基飽和度、バランスおよび有効リン酸 -----											
塩基飽和度 (%)	石灰 (%)	苦土 (%)	加里 (%)	有効リン酸 (mg)	石灰/苦土	苦土/加里					
86.4 (+13.6)	59.3 (+10.7)	16.5 (+3.5)	10.6 (-0.6)	70.0 (-20.0)	3.6	1.6					
----- 分析結果と目標値との対比 -----											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC (mS/cm)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Base (%)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca (%)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg (%)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K (%)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca/Mg	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg/K	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P205 (mg)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
注. ○ : 目標値 ⊙ : 分析結果 ✱ : 過剰											
----- 診 断 結 果 -----											
硝酸態窒素の集積が考えられます (24 mg/100g)。窒素の施肥量を減らして下さい。 残存窒素量は 10a 当たり 24 (Kg/10cm)です。 土壌中の有効リン酸は富化していますので、リン酸質資材は必要ありません。 土壌中の加里がかなり富化しています。加里の施肥量を減らして下さい。 苦土と加里とのバランスがくずれています。加里の施肥量に注意して下さい。											
----- 改 良 資 材 の 量 -----											
資 材 名	10a 当たり (作土 10cm)			圃場面積当たり (作土 10cm)							
リン酸質資材	0 Kg			0 Kg							
硫酸苦土	193 Kg			193 Kg							
炭カル	170 Kg			170 Kg							
加里質資材	0 Kg			0 Kg							

図1 総合診断結果のプリントアウトの例

4 施肥基準一覧（野菜・花き、果樹）

野菜・花き（47作物目）および果樹（10樹種）の施肥基準が参照出来る。また作物あるいは樹種を指定すると、その好適 pH および塩基組成が表示される。なお、キュウリの場合のプリントアウトの例を図2に示した。

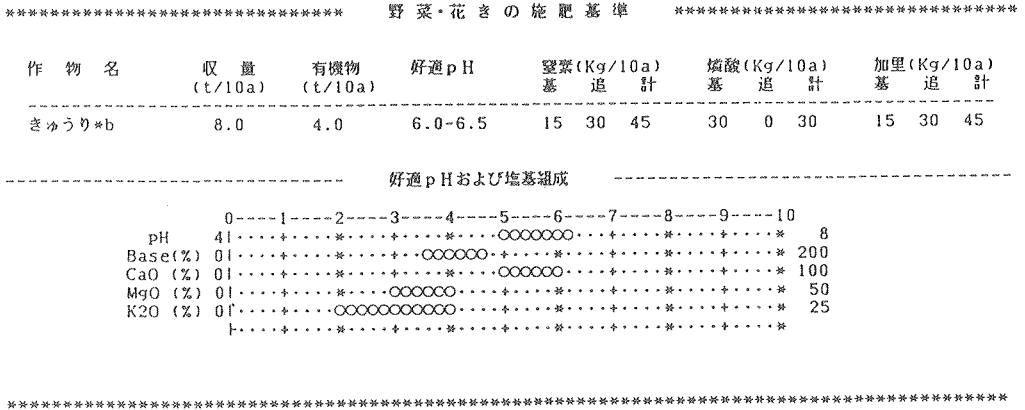


図2 キュウリの施肥基準（プリントアウトの例）

IV システム作成上での
診断基準値について

1 中和石灰量

本システムでは、中和石灰量はアレニウス表により算出しているが、岩手県においては炭カル添加通気法¹⁾のより求めるのが常法となっている。しかし、施設栽培土壌などにおいては、硝酸態窒素の集積によって pH が

影響を受け、水浸出の土壌 pH からの中和石灰量の算出を困難にしている。このため、これらの土壌では塩基飽和度に基づいて算出することが必要であると思われる。

昭和57年度に岩手県内の野菜畑土壌（キュウリ、ピーマン、トマト、ハウス栽培を含む）について実態調査を実施した（29点）が、これによれば表1に示すように、pH は単相関係数でみると石灰飽和度および塩基飽和度と正の、ECおよび硝酸態窒素と負の相関関係がみられる。この関係を、径路係数分析（Path-coefficient Analysis）¹²⁾

表1 各要因間の単相関係数（n=29）

No.	要因	平均	±	標準偏差	1	2	3	4	5
1	pH	5.7	±	0.5	1.0000				
2	EC (ms/cm)	0.40	±	0.24	-0.4332*	1.0000			
3	塩基飽和度 (%)	64.3	±	20.5	0.5668**	0.1038	1.0000		
4	石灰飽和度 (%)	48.4	±	16.2	0.5830**	0.0920	0.9854**	1.0000	
5	硝酸態窒素 (NO ₃ -Nmg/100g)	15.1	±	12.3	-0.4361*	0.9441**	0.0057	-0.0101	1.0000

注 1) 有意水準は**：1%、*：5%である

表2 pHと各要因間の径路係数分析

効果の内容	相関係数	径路係数	影響
<u>X1, r1y = -0.4332</u>			
直接効果 P1y		-0.8170	= -0.8170
間接効果 X21・P2y	(0.1038)	(-0.0801)	= -0.0083
〃 X31・P3y	(0.0920)	(0.7406)	= 0.0681
〃 X41・P4y	(0.9441)	(0.3432)	= 0.3240
全相関 r1y			-0.4332
<u>X2, r2y = 0.5668</u>			
直接効果 P2y		-0.0801	= -0.0801
間接効果 X12・P1y	(0.1034)	(-0.8170)	= -0.0848
〃 X32・P3y	(0.9854)	(0.7406)	= 0.7297
〃 X42・P4y	(0.0057)	(0.3432)	= 0.0020
全相関 r2y			0.5668
<u>X3, r3y = 0.5668</u>			
直接効果 P3y		0.7406	= 0.7406
間接効果 X13・P1y	(0.0920)	(-0.8170)	= -0.0752
〃 X23・P2y	(0.9854)	(-0.0801)	= -0.0789
〃 X43・P4y	(-0.0101)	(0.3432)	= -0.0035
全相関 r3y			0.5830
<u>X4, r4y = -0.4361</u>			
直接効果 P4y		0.3432	= 0.3432
間接効果 X14・P1y	(0.9441)	(-0.8170)	= -0.7713
〃 X24・P2y	(0.0057)	(-0.0801)	= -0.0005
〃 X34・P3y	(-0.0101)	(0.7406)	= -0.0075
全相関 r4y			-0.4361

注 y: pH, X1: EC, X2: 塩基飽和度, X3: 石灰飽和度, X4: 硝酸態窒素

によって解析すると(表2)、pHは石灰飽和度による直接効果が大きい。一方、塩基飽和度による直接効果は小さく、これは石灰飽和度の間接効果によってみかけの相関係数が高くなったものと推察される。また、pHはECによる負の直接効果が大きく、硝酸態窒素の直接効果は小さかった。硝酸態窒素のみかけの負の相関関係はECの間接効果によるものと推察された。これは、ECと硝酸態窒素とは高い正の相関関係が認められるものの、pHに対しては硝酸態窒素そのものよりも、硝酸態窒素以外の塩類についても評価したECの方がうまく説明が出来るようである。

2 燐酸改良資材量

千葉ら²⁾によれば、土壌の燐酸吸収係数の1%の燐酸(P₂O₅、燐4:過石1等燐主体)の施用により、土壌中の有効燐酸は約1.6mg%富化されると考えられ、本システムではこの方法によって燐酸改良資材量を算出することとした。

3 土壌の塩類集積と残存窒素量の推定

土壌の塩類集積の評価は、農技研化学部の土壌診断統一基準(案)⁹⁾によった。すなわち、塩類集積は土壌の

CECとの関連で判定し、これにpHの高低(pHは6.0を基準としている)によって、硝酸態窒素の集積か、他の塩類の集積かを判断することとした。

硝酸態窒素はECと関連が強いことが知られており、このことは表1からも認められる。すなわち、硝酸態窒素はECとの相関係数が高く、概ねECの値のみで土壌中に残存している硝酸態窒素の推定が可能と考えられる。また、表3に示したように、硝酸態窒素と他の要因との関連について径路係数分析を適用してみると、硝酸態窒素はECによる直接効果が大きく、一方、pHとのみかけの負の相関は高いものの、pHによる直接効果は小さく、それはECの間接効果によるものと推察された。また、石灰飽和度との関連についてみると、みかけの相関は低いものの、直接効果はやや大きいようである。このため、硝酸態窒素の推定には、ECのみでも十分可能であるが、本システムにおいてはECと石灰飽和度によって推定することとした。この場合の推定式は、

$$Y = -0.88 + 48.98 \cdot X_1 - 0.07 \cdot X_2$$

注. Y: 硝酸態窒素 (NO₃-N mg/100g)、

X₁: EC (ms/cm)、X₂: 石灰飽和度 (%)

であり、この場合の重相関係数は0.949であった。

表3 硝酸態窒素と各要因間の径路係数分析

効果の内容	相関係数	径路係数	影響
<u>X1, r1y = -0.4361</u>			
直接効果 P1y		0.0806	= 0.0806
間接効果 X21・P2y	(-0.4332)	(0.9912)	= -0.4294
〃 X31・P3y	(0.5668)	(0.1119)	= 0.0635
〃 X41・P4y	(0.5830)	(-0.2586)	= -0.1508
全相関 r1y			-0.4361
<u>X2, r2y = 0.9441</u>			
直接効果 P2y		0.9912	= 0.9912
間接効果 X12・P1y	(-0.4332)	(0.0806)	= -0.0349
〃 X32・P3y	(0.1038)	(0.1119)	= 0.0116
〃 X42・P4y	(0.0920)	(-0.2586)	= -0.0238
全相関 r2y			0.9441
<u>X3, r3y = 0.0057</u>			
直接効果 P3y		0.1119	= 0.1119
間接効果 X13・P1y	(0.5668)	(0.0806)	= 0.0457
〃 X23・P2y	(0.1038)	(0.9912)	= 0.1029
〃 X43・P4y	(0.9854)	(-0.2586)	= -0.2548
全相関 r3y			0.0057
<u>X4, r4y = -0.0101</u>			
直接効果 P4y		-0.2586	= -0.2586
間接効果 X14・P1y	(0.5830)	(0.0806)	= 0.0470
〃 X24・P2y	(0.0920)	(0.9912)	= 0.0912
〃 X34・P3y	(0.9854)	(0.1119)	= 0.1103
全相関 r4y			-0.0101

注 y: 硝酸態窒素, X1: pH, X2: EC, X3: 塩基飽和度, X4: 石灰飽和度

4 土壌の塩基組成

土壌の好適塩基組成については、鎌田³⁾、水本⁷⁾などの報告があるが、前述のように土壌の pH は石灰飽和度と関連が強いため、作物の好適 pH 範囲から土壌の塩基組成を推定すると、おおそ表4のようになる。さらに、県内で栽培されている野菜、花、および果樹について大まかなグルーピングを行った結果を表5に示した。

表4 作物の好適な土壌pH範囲と塩基組成

作物グループ	pH	塩基組成 (%)			
		石灰	苦土	加里	全体
a	6.5~7.0	60~70	15~20	5~10	80~100
b	6.0~6.5	50~60	15~20	5~10	70~90
c	5.5~6.5	40~60	10~20	2~10	52~90
d	5.5~6.0	40~50	10~15	2~5	52~70
e	5.0~5.5	30~40	5~10	2~5	37~55

注 石灰/苦土比は6以下、苦土/加里比は2以上

表5 作物の好適土壌pHによるグルーピング

作物グループ	野菜	花	果樹
a	サヤエンドウ、ホウレンソウ		ブドウ
b	キュウリ、トマト、ナス、ピーマン、カボチャ、ナガイモ、スイカ、メロン、インゲン、エダマメ、スイートコーン、エシャレット、ハクサイ、ネギ、ミツバ、ニラ、レタス、アスパラガス、ブロッコリ、カリフラワー、パセリ、セルリー、キク、ミョウガ、ウド、ラッカセイ	キク、カーネーション、ストック、テッポウユリ、グラジオラス、スイセン	ブドウ、オウトウ
c	ニンジン、ダイコン、ゴボウ、シュンギク、コカブ、タマネギ、キャベツ		リンゴ
d	イチゴ、パレイショ、ニンニク、シドケ		ナシ、ウメ、カキ
e		リンドウ	モモ、クリ、カキ

実際の土壌診断に当っては、表4および表5を参考にして診断基準値を設定するが、今後の研究成果によって逐次改訂して行くことが必要である。

塩基含量の最低保証値については、石灰は100mg、苦土は25mg、加里は15mg（風乾土100g当たり）とした。CECの小さな土壌では、塩基飽和度だけで計算すると、絶対含量値が少なくなる。絶対含量値を保証するために、特に石灰を200mgとした場合には、土壌の pH がかなり上昇する恐れがあるため、ここでは石灰の下限値を100mgとした。このような土壌では、土壌改良と肥培管理との関係が吟味されねばならないが、今後の課題である。

5 土壌の養分富化に対する診断基準

磷酸や加里含量の過剰レベルの判定は次のとおりとした。すなわち、磷酸では、目標値~100mgの場合には改良資材は必要なし、100~200mgの場合には磷酸施肥量を減らすこと、また200mg以上の場合には磷酸施肥量を2割程度とすることとした。土壌中の有効磷酸が富化した場合の、磷酸施肥量については、現在検討中であり、ここでは暫定的な基準とした。

また加里含量は、加里飽和度が10%未満の場合には、加里の施肥量を減らすことに、10%未満でかつ目標値より大きい場合には、加里の施肥量に注意が必要であるとされた。著者ら⁶⁾が、夏秋キュウリについて、土壌中の置

換性加里含量が90~110mg（加里飽和度は7~9%）の圃場において、加里の施肥量試験を実施した結果によれば、従来どうりの標準施肥量が良く、倍量施肥は増収に結びつかなかった。なお、加里飽和度が10%を超える場合には、土壌中の塩基バランスを考慮して、減肥することが必要と思われる。また、土壌中の養分富化は化学肥料の多量施用によるだけではなく、むしろ堆肥の多量施用による場合が多く、そのため堆肥の投入量が4tを超える場合には、これを超過する養分含量を化学肥料から差し引くことが望ましいと考えられる。

また、苦土/加里比が2以下の場合にはバランスに注意が必要であるとした。

本システムの機能には、まだ不十分な点もあるが、今後随時に機能の向上をはかって行く予定である。特に、総合的な診断システムの構築が望まれるが、それは土壌診断ファイルに作物栽培管理ファイル、栄養診断ファイル等を含めたデータベース的なものである。しかし、土壌診断基準についても検討を要する点が多々ある現状では、早急な確立は困難と思われるが、今後これらの点についても検討して行く考えである。

本システムのプログラム・リストを末尾に掲載した。

V 摘 要

施設栽培の増加に伴って、土壤養分は富化する傾向にあり、適切な肥培管理が必要となっているが、このために土壤診断は欠かせないものとなっている。この土壤診断をスムーズに実施するために、土壤改良を中心とした診断システムを開発した。その機能は次のとおりである。

- 1 中和石灰量の算出
- 2 燐酸改良資材量の算出
- 3 総合診断
- 4 施肥基準一覧

本システムの利用によって土壤診断の効率化が期待される。

19-26.

- 12) N.S.Shasha'a, W.P.Nye, and W.F.Campbell. 1973. Path-coefficient Analysis of Correlation Between Honey Bee Activity and Seed Yield in *Allium cepa* L., J.Amer.Soc.Hort.Sci. 98 (4): 341 - 347
- 13) 吉池昭夫. 1983. 農耕地における施用リン酸の蓄積について. 土肥誌. 54: 255-261.

引用文献

- 1) 千葉 明・新毛晴夫. 1977. 炭酸カルシウム添加・通気法による中和石灰量の測定. 土肥誌. 48: 237-242.
- 2) 千葉 明・白旗秀雄・石川格司・新毛晴夫・千葉行雄・宮下慶一郎. 1982. 畑土壤改良基準策定のための基礎研究 第3報 有効燐酸目標設定方式による土壤改良法. 岩手農試研報. 23: 113-185.
- 3) 鎌田春海. 1978. 神奈川県における土壤分類と土地利用に関する研究. 神奈川農総研報. 119: 1-108.
- 4) 草野 秀. 1982. 野菜栽培土壤の診断基準. 土肥誌. 53: 60-68.
- 5) 武藤和夫・伊藤明治. 1980. キュウリ畑土壤における塩基バランスの実態. 園芸学会東北支部昭和55年度大会研究発表要旨: 78-80
- 6) 武藤和夫・伊藤明治・岩館信三. 1981. 高カリ含量畑における夏秋キュウリのカリ施肥について. 東北農業研究. 29: 229-230.
- 7) 水本順敏・中神 敏・金田雄二. 1983. レタス栽培土壤の塩基飽和度と塩基バランスに関する研究. 静岡農試研報. 28: 51-58.
- 8) 農林水産省野菜試験場編. 1982. 野菜作の土壤養分過剰に関する成績概要. 1-288.
- 9) 農業技術研究所化学部. 1983. 土壤診断統一基準(案)
- 10) 中村正士・桜田玲子. 1984. 土壤診断のシステム化(第3報) 農家圃場情報管理システムについて. 土肥講要集. 30: 141.
- 11) 猿田正暁・岩田正久・高橋哲夫. 1978. 野菜畑土壤における有効リン酸診断基準の設定. 群馬園試報. 11:

武藤：パーソナルコンピューターを利用した土壌診断システムの開発

Development of Computerized System for Soil Diagnosis

Kazuo MUTO

Summary

Greenhouse culture has been increasing every year in Iwate Prefecture, and so manuring practice based on soil diagnosis has become to be very important. Therefore, the computerized system for soil diagnosis was developed, and its function was as follows:

1. Calculation of amount of lime materials.
2. Calculation of amount of phosphate materials.
3. General soil diagnosis.
4. Table of standard application rate of fertilizer.

By means of the computerized system, the soil diagnosis will be efficiently carried out.